

	28.06.24	10.07.24	02.08.24	22.08.24
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	+	+		
<i>Anabaena</i> sp.		+	+	
<i>Oscillatoria</i> sp.		+		
неидент. цианобактериальная нить				+

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ №24-24-00008, <https://rscf.ru/en/project/24-24-00008/>.

Литература

Иванова Д.А., Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Радченко И.Г. Сезонная динамика альгофлоры стратифицированного озера Кисло-Сладкое, частично изолированного от Белого моря // Океанология. 2022. Т. 62. №2. С. 245-259.

Иванова Д.А., Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Радченко И.Г. Сезонная динамика фитопланктона озера Кисло-Сладкое, частично изолированного от Белого моря, в период двухлетней меромиксии // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология. 2024. Т. 79. №2. С. 129-136.

Menden-Deuer S., Lessard E.J. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton // Limnol. Oceanogr. 2000. V. 45. №3. P. 569-579.

PHYTOPLANKTON OF SUBARCTIC MEROMICTIC LAKE TREKHTSVETNOE WITH FRESHWATER MYXOLIMNION IN SUMMER 2024

D.A. Ivanova, E.D. Krasnova, D.A. Voronov, I.G. Radchenko

Lake Trekhtsvetnoe, a meromictic lake on the Karelian shore of the White Sea, is characterized by a three-layer vertical structure with a freshwater myxolimnion, a colorful chemocline, and a saline hydrogen sulfide zone. This isolation supports a unique freshwater phytoplankton community. From June to August, 39 algal species were recorded, predominantly Heterokontophyta and Chlorophyta. Phytoplankton biomass varied from 13.2 mg/m² to 32.2 mg/m². Dominant species included *Carteria obtusa*, cf. *Micromonas* sp., and *Ceratium hirundinella*. Stratification, and nutrient blocking in the hydrogen sulfide zone limit phytoplankton productivity, resulting in stable but relatively low biomass.

ТИПОЛОГИЯ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ (ЗООБЕНТОС, ИХТИОФАУНА) ОЗЕР АБХАЗИИ

В.М. Иванова, А.В. Горбунова, А.И. Галеева, Н.М. Мингазова, Р.С. Дбар, Н.Г. Назаров, Э.Г. Набеева, Д.Ю. Мингазова, А.М. Тарасенко

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Институт экологии АН Абхазии

Озера Абхазии достаточно разнообразны по типологии и видовому разнообразию. Многие могут считаться эталонами качества воды и состояния озерной горной экосистемы. В ходе совместных экспедиций Лаборатории оптимизации водных экосистем Казанского федерального университета и Института экологии АН Абхазии в 2007-2023 гг. были обследованы 25 озер разного генезиса, в т.ч. искусственного происхождения. В настоящей статье отражены вопросы типологии озер с использованием универсальной эколого-лимнологической классификации, а также биологического разнообразия озер по зообентосу и ихтиофауне.

Озера Абхазии (Кавказ) представлены почти 350 водоемами разных типов, с преобладанием горных каровых (ледниковых) озер, представленных в исследованиях авторов озерами Чхы, Мзы, Сердечко, Заросшее, Малое и Большое. Среди горных озер реже встречаются озера тектонического (Большая Рица, Амткел) и карстового (озера Малая Рица, Голубое, Адзия) происхождения. Эти озера различной формы и глубин, пресноводные, с очень малой минерализацией. Низинные озера расположены в междуречьях и устьевых участках рек, пойменные и старичные, чаще солоноватые, либо пресно-солёные (озера-лиманы Инкит, Солдатское, Пицундское, Змеиное на Пицундской низменности западной Абхазии, Скурча и пойменные озера Б. Бебесир, М. Бебесир в восточной Абхазии). Встречается большая группа искусственных озер (прудов, карьеров, запруженных водоемов), это чаще пресноводные водоемы (озера Маяк, Акуна 1, Акуна 2, Карповое и др.).

Целью проведенных исследований было выявление преобладающих типов озер Абхазии и их биологического разнообразия по зообентосу и ихтиофауне.

В данную статью вошли материалы исследований 18 озер Абхазии, расположенных на разных высотах над уровнем моря от 0 (озера Скурча, Инкит, Солдатское, Акуна, Акуна-1) до 2500 м (оз. Чхы). Было отобрано и обработано 85 проб зообентоса водоемов, расположенных в различных экосистемах. Пробы собирались в период с 2007 по 2018 год в летний период, что позволило получить данные о разнообразии и временных изменениях в составе зообентоса.

Типология озер

В Абхазии множество высокогорных озер. Самое известное – озеро Рица, располагающееся на Западном Кавказе на территории Рицинского национального реликтового парка и имеющее ледниково-тектоническое происхождение, уникальное высокогорное озеро Амткел, реликтовые озера Инкит и озеро Мзы, а напротив главного Кавказского Хребта находится «Долина семи озер».

По результатам инвентаризации водных объектов Абхазии по космоснимкам, проведенной 2016-2019 гг. кафедрой Природообустройства и водопользования, выявлено около 350 водоемов (озер и прудов), которые можно отнести к равнинным и горным.

При помощи УЛЭК равнинным и горным озерам Абхазии был создан «портрет» озерной экосистемы с формулой озер.

Таким образом, при помощи УЛЭК было выявлено четыре преобладающих типа со следующими формулами озер: 1). $Z_1 S_1 S_2 G_2 A_3 D_3 W_3 T_1 S_3 M_1 I_{1(3)} Ph_1 Tr_2 Fl_1 Fa_4$ - малые горные каровые озёрные экосистемы; 2). $Z_1 S_1 S_2 G_1 A_4 D_3 W_1 T_3 S_2 M_1 I_{1(1)} Ph_1 Tr_3 Fl_1 Fa_1$ – тектонические глубоководные озера Большая Рица, Амткел; 3). $Z_1 S_1 G_4 A_4 D_4 W_1 T_4 S_4 M_1 I_{1(3)} Ph_1 Tr_3 Fl_2 Fa_2$ - равнинные пойменные пресноводные озера, оз. Большой Бебесир; 4). $Z_1 S_1 G_1 S_2 A_4 D_3 W_1 T_3 S_4 M_1 I_{3(3)} Ph_1 Tr_3 Fl_2 Fa_2$ - равнинные лиманные солоноватоводные озера Скурча, Инкит.

Видовое разнообразие зообентоса

Анализ видового состава и биоразнообразия зообентоса 18 озер (Б. и М. Рица, Голубое, Мзы, Инкит, Солдатское, Амткел, Акуна и Акуна- 1, Маяк, Чхы, Скурча, Б. и М. Бебесир, Сердечко, Заросшее, Малое и Большое), позволяет выделить следующие ключевые аспекты. Таксономический состав зообентоса озер Абхазии представлен четырьмя основными типами донных организмов: Моллюски, Колычатые черви, Плоские черви и Членистоногие. Всего было обнаружено 92 вида донных беспозвоночных из 45 семейств. Обитателями озер Абхазии явились представители классов Высшие раки (11 видов) и Насекомые (45 видов). Наиболее разнообразно представлен тип Членистоногих – 54 вида. Наименее разнообразно представлен тип Плоских червей -1 вид (табл. 1).

Таблица 1. Систематическое разнообразие зообентоса озер Абхазии.

Тип	Класс	Количество		
		Отряды	Семейства	Виды
Членистоногие	Высшие раки	3	5	10
	Насекомые	6	21	44
Кольчатые черви	Поясковые		7	18
	Многощетинковые черви	1	1	1
Моллюски	Брюхоногие	2	9	16
	Двустворчатые		2	3
Плоские черви	Планарии	1	1	1

В восьми озерах (оз. Б. Рица, Голубое, Инкит, Амткел, Акуна-1, Чхы, Скурча и Большое) отмечено наибольшее разнообразие таксонов: от 5 до 11 групп. Наибольшее количество видов обнаружено в озере Скурча – 54 вида из 15 отрядов и 3 типов (Членистоногие, Кольчатые черви и Моллюски). Наиболее бедным в видовом отношении оказались озера Заросшее и Малое (по 1 виду). Также небольшое разнообразие видов отмечено для озера: М. Рица, Солдатское, Сердечко – по 3 вида и М. Бебесир - 5 видов.

В целом по всем озерам доминантами по биомассе явились представители Олигохет, Брюхоногих моллюсков, Полихет, Жуков и Стрекоз (в т. ч. в силу своих крупных размеров). В меньшей массе обнаружены Пиявки, Веснянки, Ручейники, некоторые Ракообразные. Доминантами по численности стали также Олигохеты, Брюхоногие моллюски, Стрекозы и Хирономиды. Реже встречались Поденки, Ручейники, Ракообразные и Полихеты.

На мелководных участках доминируют Брюхоногие моллюски и Ручейники (оз. Б. Рица, Акуна, Акуна-1, Маяк, Б. и М. Бебесир, Малое), Поденки и Веснянки (оз. Голубое), что характерно для зон с более высокой освещенностью и активным процессом фотосинтеза.

На глубоководных участках (оз. Б. Рица, Амткел) и литорали озер Мзы и Большое доминируют Олигохеты – показатель высокого содержания органического вещества в донных отложениях, т. к. эта группа беспозвоночным предпочитают условия с повышенным содержанием органических веществ в донных отложениях. В озера Чхы и Сердечко доминантами по численности явились представители жесткокрылых насекомых.

Используя классификацию трофических групп В. А. Яковлева (2000), можно сделать выводы о том, что в озерах Абхазии представлены все 6 трофических групп (рис. 1). Практически во всех озерах присутствуют собиратели-детритофаги и активные хищники. Грунтозаглатыватели встречаются в 50 % озер, но их доля в каждом озере варьируется. Размельчители чаще встречаются в горных или холодных водоемах. Обязательные собиратели-фильтраторы (двустворчатые моллюски) встречаются реже и обнаружены нами только в двух озерах (оз. Скурча и Б. Бебесир).

В некоторых озерах были встречены виды предпочитающие слабосоленоватые условия среды. Так, например в озерах Инкит и Скурча были обнаружены представители ракообразных (в т. ч. *Cirripedia* sp., *Gammarus duebeni* (Lilljeborg, 1851), *Palaemon serratus* (Pennant, 1777)), а также полихеты *Hediste diversicolor*. Эти озера равнинные и имеют связь с Черным морем.

Отсутствие фильтраторов и обильное присутствие Стрекоз и Хирономид, в частности *Cricotopus laricomalis* (Edwards, 1932) в оз. Солдатское демонстрирует слабозагрязненные условия, что также подтверждает и невысокое видовое разнообразие.

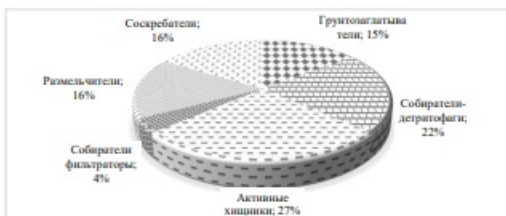


Рис. 1. Трофическая структура зообентоса озер Абхазии

В целом наибольшее влияние на зообентос оказывают условия среды, связанные с качеством воды и доступностью пищевых ресурсов, в том числе высокая концентрация органического вещества. Водосмы с обильной растительностью, как правило, имеют более высокое биоразнообразие.

Видовое разнообразие ихтиофауны

Ихтиофауна исследованных 10 озер (Б. Рица, Амткел, Инкит, Скурча, Акуна, Б. Бебесир, М. Бебесир, Маяк, Солдатское и искусственный пруд Акуна) неоднородна по видовому составу. Всего выявлено 24 вида из класса *Actinopterygii* (лучеперые рыбы). Видовое разнообразие рыб варьировалось в диапазоне от 2 (оз. Маяк) до 12 (оз. Скурча). Наибольшее число видов (15) принадлежит отряду карпообразные, все из них представители семейства карповые. Также, обнаружены представители отряда кефалеобразные и отряда бычкообразные по 2 вида из одного семейства, представители из отрядов карпозубообразные, лососеобразные, скорпенообразные, иглообразные и щукообразные по 1 виду.

Наиболее часто встречаемый вид рыб в озерах и прудах – голавль кавказский, карась серебряный, подуст колхидский.

Было проанализировано 5 типов экологических групп ихтиофауны по приуроченности к условиям среды. По приуроченности к режиму солености в озерах было выявлено 4 экологические группы ихтиофауны. В озерах и прудах преобладают пресноводные виды ихтиофауны – 54%, пресноводные и солоноватоводные составляют 25%, морские, пресноводные и солоноватоводные - 21%. По приуроченности к скорости течения воды преобладают реофильные виды (58%), лимнофильные виды составляют 42%. При разделении рыб по местообитаниям в толще воды лидирующей группой видов являются донные виды рыб (46%), группа донные и пелагические виды составляют 29% и пелагические виды – 25%. По преобладающему типу питания выделены 5 групп ихтиофауны: бентофаги (67%), планктофаги (21%) и детритофаги, перифитофаги, хищники по 4% (рис. 2).

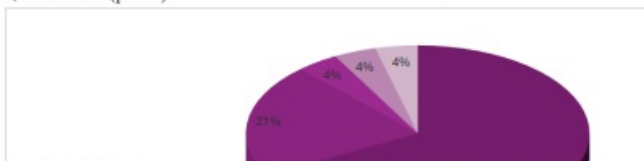


Рис. 2. Экологические группы ихтиофауны озёр Абхазии по типу питания

На основе данных о видовом составе ихтиофауны озёр Абхазии выявлены 8 фаунистических комплексов: понто-каспийский пресноводный (быстрянка южная, голавль кавказский, уклейка кавказская, усач колхидский, шемая, карп обыкновенный, лещ обыкновенный, верховка кавказская, красноперка, подуст колхидский) (42%), понто-каспийский реликтовый (бычок-песочник, бычок-цуцик, лобан обыкновенный, сингиль) (17%), бореально-равнинный (карась серебряный, пескарь кавказский, линь, щука обыкновенная) (17%), бореально-предгорный (гольян обыкновенный, форель) (8%), понто-каспийский морской (пхлосекая черноморская рыба-игла), южно-американский (гамбузия обыкновенная), третично-равнинный (горчак обыкновенный) и арктобореальный (колюшка трехиглая) – по 4%.

В озере Скурча в ходе исследований наблюдался процесс трансформации организмов, составляющих бентофауну в результате действия двух разнонаправленных гидротехнических мероприятий. Озеро Скурча по средним показателям биомассы зообентоса относится к умеренному классу кормности. В связи со стратификацией вод, в озере Скурча создались условия совместного существования биотопов с различными показателями солености, что привело к сосуществованию в одной экосистеме гидробионтов, обитающих в различных условиях среды. Оз. Инкит имеет средний класс кормности, по численности зообентоса преобладают ракообразные, а по биомассе стрекозы. По исследованиям ихтиофауны озер и их кормности, озеро Скурча имеет наибольшее количество видов (12). Рыбохозяйственный потенциал этого озера огромен, так как Скурча имеет солоноватые воды, благоприятные для развития богатого видового разнообразия. Сведения о кормовой базе указывают на возможность устойчивого развития гидробионтов.

При анализе гидробиологических проб было выявлено, что основной составляющей зообентоса озера Большой Бебесир являлись стрекозы. Обе части озера Большой Бебесир по показателям биомассы зообентоса имеют умеренный класс кормности.

Озёра Большой и Малый Бебесир являются мелководными хорошо прогреваемыми водоемами, благоприятными для разведения теплолюбивых видов рыб. Разнообразная кормовая база способствует развитию рыбохозяйственной деятельности.

Равнинные озера (и пресные, и солоноватые) при хорошей прогреваемости имеют хорошие кормовые возможности, соответственно, ихтиоценозы этих озер более богатые (23 вида обнаружено в равнинных водоемах) и эти озера имеют высокую рыбохозяйственную ценность.

Высокогорные озера отличаются экстремальными условиями (холодноводность, низкая электропроводность/минерализация, ионный состав воды, олиготрофность и др.), не способствующими развитию кормовых ресурсов и ихтиоценозов. Тем не менее, ихтиоценозы в некоторых из них присутствуют, например, на озёрах Большая Рица и Амткел. Большинство высокогорных озёр бедны по обеспеченности кормовыми ресурсами и не имеют рыбохозяйственной ценности. К таким относится группа «Долины семи озёр» (Большое, Малое, Сердечко, Заросшее), высокогорные озера Чхо, Мзы, Голубое и Малая Рица.

Среди зообентоса озера Большая Рица преобладали моллюски, олигохеты и насекомые. Озеро Большая Рица имеет средний класс кормности. Оз. Голубое имеет средний класс кормности. Среди зообентоса преобладают насекомые. Озеро Мзы по показателям бентоса имеет умеренный класс кормности. В озере Амткел среди бентосных организмов преобладали насекомые. Озеро по всем показателям имеет очень низкий класс кормности.